Aus dem veterinär-anatomischen Intitut.
Leiter: Prof. Dr. Rubeli.

Ueber sympathische Färbung und die Pigmentbildung bei Barsch und Forelle.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der hohen veterinär-medizinischen
Fakultät der Universität Bern

vorgelegt von

Adalbert Lehmann,
Tierarzt aus Coblenz.

COBLENZ
Krabbensche Buchdruckerei
1906.

Aus dem veterinär-anatomischen Intitut.

Leiter: Prof. Dr. Rubeli.

Ueber sympathische Färbung und die Pigmentbildung bei Barsch und Forelle.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der hohen veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Bern

vorgelegt von

Adalbert Lehmann,

Tierarzt aus Coblenz.



COBLENZ

Krabbensche Buchdruckerei

1906.

Von der Fakultät auf Antrag von Prof. Dr. *O. Rubeli* zum Drucke genehmigt.

Bern, den 16. Dezember 1905.

Der Dekan:
Prof. Dr. *Schwendimann.*

Meinen lieben Eltern.





Die sympathische Färbung der Tiere, die in der wissenschaftlichen Litteratur zu mancher schönen Arbeit Veranlassung gegeben hat, erregte schon von jeher meine Aufmerksamkeit, und habe ich mit Freuden die Gelegenheit ergriffen, einige Versuche über diese hochinteressante Erscheinung nebst der mit ihr in innigem Zusammenhang stehenden Pigmentbildung zu machen. Dem Privatdozenten und Prosektor Herrn Dr. Schapiro, unter dessen Leitung ich die Arbeit im veterinär-anatomischen Institut anfertigte, spreche ich für das rege Interesse, das er an meiner Arbeit nahm, und für manchen guten Rat meinen wärmsten Dank aus.

Die Tiere, die ich zu meinen Versuchen gebrauchte, stammten aus der Aare. Sie wurden, die einen in einem aus tiefroten, die andern in einem aus tiefblauen, usw. grünem und hellem Glase bestehenden Aquarium gehalten. Boden und Deckel waren ebenfalls aus demselben Glase.

Während des Aufenthaltes der Tiere in den Behältern wurden sie beobachtet und ihre Veränderungen festgestellt, indem ich sie in einem dazu geeigneten Glasgefässe fing und betrachtete. Die Aquarien waren so an Fenstern aufgestellt, dass das volle Tageslicht einfallen konnte. Für stetigen Zu- und Abfluss des Wassers war gesorgt.

Nachdem sie längere Zeit in den Behältern gehalten worden waren, und ich eine auffallende Veränderung ihrer Farbe habe feststellen können, tötete ich sie in 12—14 % Formollösung. Diese Abtötungsart wählte ich deshalb, weil ich hauptsächlich darauf bedacht war, die zarte Epidermis unverletzt zu erhalten, die beim mechanischen Abtöten zu leicht beschädigt und dadurch unbrauchbar wird. Dann wurden die Tiere 15—20 Stunden in 3 % Formol fixiert. Hierauf wurden geeignete Hautstücke aus-

geschnitten und nach der bekannten Methode in Paraffin gebracht und eingebettet. Bei den Schnitten wandte ich die Doppelfärbung, Haematoxylin-Eosin, oder Haematoxylin-neutr. Karmin an.

Bevor ich auf die Beschreibung jedes einzelnen Fisches eingehe, will ich zuerst eine allgemeine von dem Flussbarsch (Egli), Perca fluviatilis, vorausschicken, die ich teilweise Brehms Tierleben entnommen habe.

Der Barsch ist ein in ganz Europa und auch in andern Ländern verbreiteter sehr bekannter Fisch. Er besitzt zwei ziemlich nahe aneinanderstehende Rückenflossen, die ziemlich kräftige Stachelstrahlen besitzen. Vorder- und Hauptdeckel der Kiemen sind am freien Ende gezähnelt. Sein seitlich ziemlich zusammengedrückter Körper zeigt auf messinggelber bis grünlich schillernder Grundfarbe 5—8 dunkle Streifen, die vom Rücken nach dem Bauch verlaufen und von unterschiedlicher Breite sein können. Nach dem Rücken zu wird die Haut dunkler, während sie am Bauch ins Weissliche spielt. Brust-, Bauch- und Afterflossen sind gelbrot.

Der Barsch ist ein gefrässiger Raubfisch und lebt in kleinen Trupps gesellig zusammen. Seiner Beute pflegt er in Verstecken aufzulauern, um dann plötzlich blitzschnell über sein Opfer herzufallen. Im Hechte, Lachs, Fischotter u. s. w. hat er grosse Feinde. Unter den Fischern erfreut er sich einer grossen Beliebtheit.

Barsch No. I.

Die Beschreibung seines Aussehens habe ich im allgemeinen bereits oben gegeben. Er wurde in dem hellen Aquarium gehalten, dessen Boden, Wände also aus gewöhnlichem Glase bestanden. Im Verlaufe meiner Abhandlungen werde ich diesen Fisch als „normal“ bezeichnen. Nachdem er ca. 10—14 Tage dem Tageslicht ausgesetzt war, konnte ich feststellen, dass die Intensität seiner Farben nachgelassen hatte, er war etwas heller geworden.

Barsch No. II.

Sein Aufenthaltsort war das grüne Aquarium. Bei der Entnahme aus demselben konnte ich eine nicht unbedeutende

Veränderung seiner Farben wahrnehmen. Die Rückenpartie schillerte in grüner Farbe, die auch auf den Kopf sich fortsetzte. Besonders tiefgrün schillerten auch die Querstreifen, die ihre dunkle Farbe stark eingebüsst haben. An der untern Seite folgt eine bläulich violette Schicht, die am Bauch in silberviolette Färbung übergeht. Es herrscht hier die grüne Farbe also vor. Die Rückenflossen zeigen an ihrer ganzen Ansatzstelle eine sehr deutliche gelblich grüne Färbung, die sich nach dem freien Ende zu verlor. Die Farbenschillerung ist sehr intensiv, besonders schön ist sie an den Kiemendeckel.

Barsch No. III.

Bei diesem Fische, der in dem tiefblauen Aquarium lebte, ist die Veränderung der Farben eine noch bedeutendere als bei grün. Die Farbenschillerung ist prachtvoll, so dass es schwer fällt, eine genaue Beschreibung zu geben.

Der Kopf ist graublau, der Rücken schillert tiefblau bis blaugrüu. Die Seitenstrahlen blauviolett, am Bauch herrscht silberblau vor, das nach dem Kopfe zu intensiver blau wird. Die Querbinden sind tiefschwarz. Bauch-, After- und Schwanzflossen sind tiefgelb.

Barsch No. IV.

Derselbe wurde in dem blutroten Aquarium gehalten. Der Rücken ist dunkel. Die Grundfarbe ist tief messinggelb. An den Seiten schillert er stark violettrot. Die Bauchfläche ist silberviolett mit einem Stich ins rötliche. An den Kiemendeckel herrscht messinggelbes und dunkelviolettrotes Farbenspiel vor. Man kann hier deutlich das Hervortreten des roten Farbentones vor allen andern Fischen beobachten. Bauch-, After- und Schwanzflossen sind dunkelgelb.

Wie vom Barsche, so lasse ich jetzt auch von der Forelle eine allgemeine Beschreibung vorausgehen.

Die Forelle (Bachforelle), Salmo fario, besitzt eine gedrungene Gestalt. Wegen des ausserordentlich wechselnden Farbenspieles

ihrer Haut hat Tschudi sie das „Chamaeleon unter Fischen genannt“. Die Rückenflosse ist dunkelpunktiert. Der Rücken ist schwärzlich bis olivengrün und mit schwarzen Punkten besetzt. Die Seite ist grünlich gelb, rotpunktiert, der Bauch weisslich grau.

Da ihre Farbe ausserordentlich wechselt, so ist es schwer, eine genaue Beschreibung zu geben. Die Fischer glauben, die Färbung hänge hauptsächlich vom Wasser ab, in der die Forelle lebe.

Sie zeigt oft ganz grundverschiedene Färbungen.

Forelle No I.

Diese lebte einige Zeit in dem hellen Aquarium. Ihre Farbe stimmt mit der im Allgemeinen von den Forellen gegebenen überein. Nur dürfte hier der Aufenthalt in heller Belichtung ihre anfangs dunklere Färbung etwas abgeblasst haben.

Forelle No. II.

Die Veränderungen der Farbe dieses Fisches, der unter der grünen Belichtung gelebt hatte, sind sehr deutlich wahrnehmbar. Der Rücken ist ziemlich dunkelgrünlich. Die Seiten strahlen dunkelgrün, die an der untern Partie eine weingelbe Farbe annehmen. Die Bauchfläche ist silbergrau. Die schwarzen und roten Punkte sind deutlich und klar.

Forelle No. III.

Sie war im blauen Aquarium gehalten worden. Der Rücken ist dunkelgrünlich. Die dunklen Pigmentflecke an ihm traten scharf hervor und sind von einem auffallend blassen Hofe umgeben. Die Seitenteile des Fisches schillern blauviolett. Der Bauch besitzt einen hervorstehend metallblauschillernden Glanz. Die roten Flecke sind deutlich vorhanden, doch etwas kleiner geworden.

Forelle No. IV.

Ihr Aufenthaltsort war das rote Aquarium. Der Rücken ist dunkel. Die schwarzen Punkte an ihm sind nicht so deutlich

wie bei blau. Die Seiten des Fisches strahlen violettrot, der Bauch schillert in derselben Farbe, doch etwas schwächer. Die roten Punkte sind deutlich zu sehen und schärfer als bei normal.

Nachdem ich hier die Beschreibung der unter dem Farbeneinfluss gehaltenen Tiere und ihrer Veränderungen gegeben habe, die ja deutlich eine gewisse Anpassung an ihre Umgebung verraten, gehe ich zu einer Besprechung des ja allgemein bekannten Farbenwechsels, soweit sie hier in den Rahmen passt, über. Die die Färbung bedingende Ursache ist, wie die der Empfindung im Allgemeinen, z. B. Tastempfindung und Hörempfindung, ein Reflexmechanismus und zwar in den meisten Fällen ein sehr komplizierter. Schon allein aus seiner ungeheuer grossen Verbreitung im ganzen Tierreich müssen wir aus Vernunftsgründen auf seine grosse Nützlichkeit für den Träger desselben schliessen. Denn die Natur, welche überall sehr ökonomisch in ihrem Haushalt verfährt, wird doch sicherlich nicht unnütze Einrichtungen schaffen und verschwenderisch mit denselben umgehen. In den allermeisten Fällen wenigstens lässt sich bei der Färbung die Nützlichkeit direkt nachweisen. Dieselbe kann sich in verschiedener Art und Weise äussern.

Von den vielen Ursachen, die der Nützlichkeit der Färbung zu Grunde liegen, will ich hier nur zwei herausgreifen: „Die Färbung als Schutz- und Angriffsmittel!“

Es ist einleuchtend, dass diejenigen Individuen um so leichter den Nachstellungen ihrer Verfolger sich entziehen können, je weniger sie von ihrer Umgebung sich abheben und je mehr sie sich in ihrem Farbenton derselben anpassen: sympathische Färbung. Sie bildet also einen äusserst wirksamen Schutz für die Tiere, den ihnen die Natur zum Geschenk gemacht hat. Aber auch jenen, die sich auf der Suche nach Nahrung und Beute an dieselbe heranschleichen müssen, gab sie durch ein entsprechendes Farbenkleid ein Mittel in die Hand, ihrem Opfer möglichst unentdeckt zu bleiben. Dieselbe Begünstigung, die den einen Tieren einen wirksamen Schutz gewährt, dadurch, dass sie dem Auge des Feindes möglichst verborgen bleiben, bildet für andere ein Mittel

zur Verdeckung ihres Angriffes auf diejenigen, die sie zur Beute ausersehen haben. So sind z. B. eine grosse Anzahl niederer Meerestiere, welche die oberflächlicheren und helleren Regionen des Meeres bewohnen, farblos und kristallartig durchsichtig. Dies sind unter den Coelenteraten z. B. die Medusen und die Ktenophoren.

Unter den Tunicaten sind vornehmlich die Doliolen zu nennen, die wasserklar und durchsichtig sind. Diese Eigenschaft finden wir auch unter den Vertretern anderer Tierklassen, insbesondere bei einer grossen Anzahl von Larven verschiedener Tierstämme.

Bei allen diesen wasserklaren Organismen ist die Durchsichtigkeit ein Schutzmittel gegen die Nachstellungen ihrer Verfolger. Machen wir nun die Wüstenbewohner und die der arktischen Regionen zum weiteren Gegenstand unserer Betrachtung. Bei den ersteren finden wir durchschnittlich ein fahles, lehmgelbes Kleid, während letztere auffallen durch die weisse Farbe ihres Körpers. Bei beiden tritt so richtig die sympathische Anpassung an ihre Umgebung zu Tage. Auch hier hat die Natur gerecht ihre Gaben verteilt, indem sie keinen Umterschied machte zwischen Verfolgten und Verfolgern, sondern beide gleich behandelte und beiden eine gleiche Farbe verlieh. Wir sehen so die Antilope ebenso wie ihren grimmigsten Feind, den Löwen, Tiger u. a., ihrer Umgebung angepasst und auch den Polarhasen mit demselben Kleide angetan, wie den Eisfuchs und den Eisbären. Nun möchte ich noch bemerken, dass die Färbung der Tiere nicht nur durch ihre sympathische Anpassung an ihre Umgebung, d. h. durch Unkenntlichmachen schützend wirkt, sondern sehr oft geradezu dadurch, dass das Tier durch auffallende Färbung weithin sichtbar und bemerkbar ist. Dies ist die Trutzfärbung. Wie bekannt werden manche Raupen und Schmetterlinge durch ihren hässlichen Geschmack von vielen Vögeln verschmäht. Es ist für das Tier nun von grossem Nutzen, äusserlich für die Nachsteller schon recht kenntlich zu sein, um denselben selbst nur von einem Versuche eines Angriffs, der ihnen schon Schaden bringen könnte, abzuhalten. Aus diesem Beispiel ist der Zweck der Nützlichkeit jn bequem ersichtlich.

Alle diese Erscheinungen der Schutz-, Angriffs- und Trutzfärbung sind ohne Zweifel auf Selektion zurückzuführen und zwar folgendermassen. Diejenigen Individuen, bei denen sich diese günstigen Eigenschaften entwickelt hatten und dieselben besassen, gingen aus leicht begreiflichen Gründen aus dem Konkurrenz- und Existenzkampf eher siegreich hervor als jene, die solche günstige Einrichtungen nur mangelhaft oder gar nicht besassen. Sie mussten mit der Zeit immer mehr in beschränktere Wohn- und Nahrungsgebiete sich zurückziehen, erfuhren eine stetig zunehmende Verminderung ihrer Zahl, bis sie schliesslich verschwanden und gänzlich ausstarben. Die Selektion hat ihnen das Todesurteil gesprochen. Umgekehrt hat sie sich aber derjenigen liebevoll angenommen, die einen für die Auswahl geeigneten Charakter besassen, und welchen sie durch Züchtung bis zum bestmöglichsten Höhegrad entwickelte und emporhob. Sie flösste ihnen frisches Blut und Lebenskraft ein. Diese Entwickelung baut sich noch stets weiter aus. Hierbei wirken Anpassung und Vererbung in ihren wechselseitigen Beziehungen zu einander sowohl als umbildende wie als regulative Faktoren hauptsächlich mit. Die zweckmässigsten und den Lebensbedingungen am besten angepassten Individuen vererben ihre günstigen Eigenschaften auf die Nachkommen, diese auf die nächstfolgende Generation u. s. w. So können also die angepasst nützlichsten Charaktere erhalten bleiben und wenn nötig durch Selektion noch gesteigert werden.

Um nun auf die durch verschiedenartige Belichtung hervorgerufenen Farbenverschiedenheiten, die zum grössten Teil harmonisch sind, zurückzukommen, so beruht der Farbenwechsel zweifellos auf einem Reflexmechanismus. Der Lichtreiz zersetzt die lichtempfindlichen sogenannten photochemischen Substanzen der Netzhaut. Durch diese Zersetzung werden die Nervenendigungen, welche mit der Sehsubstanz beladen sind, in Erregung versetzt. Diese Erregungen leiten dann die Fasern des Nervus opticus dem Hinterhauptslappen des Gehirnes zu, um schliesslich dort in die Erregungen gewisser Hautnerven umgesetzt zu werden, welche dann ihrerseits die die Färbung bedingenden, beweglichen Hautelemente verschieben und verändern und zwar der Zweckmässigkeit entsprechend. Letztere müssen allerdings

eine kleine Einschränkung erfahren. Es wäre nach meiner Ansicht ein Irrtum, sagen zu wollen, jede mögliche Farbenvariation und jeder mögliche Farbenwechsel seien für die Existenzbedingungen wirklich nützlich.

Bei vielen Tieren, so auch bei unsern Fischen (wie wir weiter unten sehen werden) gibt es eine grosse Menge Farbendifferenzen, für die eine Nützlichkeit nur mit allergrösster Unwahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Von den vielen will ich nur einige Beispiele folgen lassen. Wir sehen, dass die geringen Farbendifferenzen, welche gewisse Vogelarten haben, gerade solche Teile des Gefieders treffen, die gar nicht hervorstechend liegen, wie z. B. an der Brust und an dem Abdomen der Zwerghühner; denn die betreffenden Teile sind weder den Blicken der Feinde (um also als Abschreckungsmittel zu dienen) noch denen der Beute (um evtl ein Überwältigungsmittel zu sein) ausgesetzt. Und so scheint es mir nun höchst unwahrscheinlich zu sein, dass in solchen Fällen die Selektion aus Zweckmässigkeitsgründen irgendwie in Tätigkeit war. Nehmen wir als weiteres Beispiel das Macropus-Genus an. Letzteres umfasst bekanntlich mehr als zwanzig Arten. Ausser den Farbenunterschieden zwischen den Känguruharten existiert auch eine grosse Variation in der Farbenschattierung innerhalb einer jeden Art selbst. Diese leben auf einer Insel von hohem Alter, die von Raubtieren frei ist. Die Känguruhs sind also der Gefahr einer Ausrottung durch Raubtiere nicht ausgesetzt. Zum Zwecke des Schutzes in ihrer Färbung zu variieren, liegt also kein Grund vor. Aber ganz abgesehen davon, würde es doch nicht einzusehen sein, welchen schützenden Wert diese im grossen Ganzen minimalen Farbendifferenzen haben könnten. Man könnte vielleicht auf den Gedanken kommen, dass die kleinen Farbendifferenzierungen dazu da seien, um den Geschlechtern einer Art zu ermöglichen, sich gegenseitig mit Leichtigkeit zu erkennen (eine durchaus nicht aus der Luft gegriffene Erwägung; bekanntlich wurde dieses für viele Fälle von Darwin u. a. nicht ohne Grund angenommen). In unserm Falle jedoch ist solch eine Annahme nicht angängig. Die Känguruharten unterscheiden sich durch Formen- und Grössendifferenzen viel auffälliger, als durch die kleinen Farbenunter-

schiede. Von einer Nützlichkeit in der Farbenschwankung kann also nach dieser Richtung hin keine Rede sein. Ausserdem ist doch eine Erklärung in unserm Sinne für die Schattierung der Färbung innerhalb der Art selbst von vornherein ausgeschlossen.

Gehen wir nun zu meinen Fischen über. Dieselben verraten, trotzdem sie der verschiedenen Belichtung nur verhältnismäsig kurze Zeit ausgesetzt waren, doch schon, wie meine makroskopischen Befunde zeigen, eine wenigstens teilweise harmonische Anpassung des Barsches und der Forelle an die rote Farbe. Die teilweise Anpassung an hell, grün, blau, wie sie meine Fische zeigen, ist noch verständlich. Dieselben kamen aus der Aare, deren Farbenton ja nach Zeit und Art zwischen hell, hellgrün und blaugrün variiert. Die Lebensweise des Barsches und der Forelle ist hauptsächlich eine räuberische und ist es klar, dass es für beide nützlich ist, sich an den sie umgebenden Farbenton anzupassen, denn dadurch vermögen sie um so unauffälliger und leichter sich ihrer Beute zu nähern und sie zu ergreifen. Aber um auf den blutroten Farbenton in harmonischer Weise zu reagieren, ist kein Grund vorhanden. Diese Fische kommen nie oder nur in den allerseltensten Fällen (wenn sie absichtlich in solche Umgebung gebracht werden, wie z. B. meine Fische) in eine der roten Farbe entsprechende Umgebung. Solch eine harmonische Anpassung hat daher nicht den geringsten selektierenden Wert. Aus der vorangeschickten Erörterung folgt nun mit Sicherheit, dass eine Farbendifferenzierung wie ein Farbenwechsel, sei es nun in harmonischer Richtung oder nicht, ganz zwecklos stattfinden kann. Das „Warum“ glaube ich an folgendem Beispiel am besten demonstrieren zu können, an dem allgemein bekannten Sohlenreflex. Ein Stich mit einer Nadel in die Fusssohle wird mit einer Zurückziehung des Fusses und einer Dorsalflexion der Zehen beantwortet. Diesem einfachen Reflex entspricht bekanntlich kein psychischer Parallelvorgang. Erst nachträglich bemerken wir, nachdem uns der Stich getroffen hat, dass unser Fuss auf denselben mit einer Bewegung geantwortet hat. Eine neue Empfindung muss uns davon in Kenntnis setzen, dass eine Bewegung stattgefunden hat. Trotzdem diesem Vorgang kein psychischer Parallelvorgang innewohnt, ist er doch zweckmässig.

Seine Zweckmässigkeit ist auf dieselbe Weise entstanden, wie die Zweckmässigkeit in der Natur überhaupt, nämlich durch Anpassung, Vererbung und Selektion. Diejenigen Tiere, deren Reflexmechanismus so gebaut war, dass sie auf einen Stich nicht mit einer Zurückziehung des betroffenen Teiles, sondern vielleicht noch mit einem weitern Vorstrecken desselben antworteten, waren Schädlichkeiten in viel grösserem Masse ausgesetzt als diejenigen, welche durch eine zufällig günstige Variation im nervösen Mechanismus mit einem Zurückziehen antworteten. Die ersteren entwickelten sich daher anch weniger stark und lebenskräftig und auch weniger fortpflanzungsfähig. Die logisch notwendige Folge war, dass dieser unzweckmässige Mechanismus sich auf eine immer weniger werdende Zahl von Individuen vererbte. Fortgesetzte Naturalselektion bewirkte nun, dass diejenigen Individuen, welche diesen unzweckmässigen Reflexmechanismus besassen, allmählich ausstarben, und dass nur solche Individuen mit dem jetzt vorhandenen zweckmässigen Reflexmechanismus übrig blieben. Dieser zweckmässige Reflex kann aber unter Umständen unzweckmässig, ja sogar sehr schädlich werden. Denken wir uns z. B. über dem Fussrücken (um bei dem Beispiel zu bleiben) eine zweite Nadel. Der Sohlenreflex findet natürlich auch hier statt. In diesem Falle ist doch die Haut durch Zurückziehen des Fusses einer noch viel grösseren und stärkeren Verletzung ausgesetzt. Wir sehen also, dass es Fälle geben kann, bei denen ein sonst sehr zweckmässig eingerichteter Reflexmechanismus doch unter Umständen nicht nur nutzlos, sondern geradezu schädlich sein kann. Die Reflexmechanismen sind also sozusagen generell nützlich, d. h. sie bewähren sich in den meisten Fällen, jedoch nicht immer. Im Hinblick auf diese Auseinandersetzung können wir auch von dem Reflexmechanismus, der bei den verschiedenen Variationen der Färbung der Tiere und dem sympathischen Farbenwechsel in Betracht kommt, sagen: „Dieser Mechanismus ist generell sicherlich zweckmässig und nützlich!“ Dass die Farbenvariationen der Tiere im Allgemeinen zweckmässig sind, glaube ich hier nicht näher erörtern zu müssen, das ist allgemein bekannt. Was nnn den sympathischen Farbenwechsel bei meinen Versuchsfischen betrifft, so wurde bereits oben auf seine Nützlichkeit

hingewiesen. Nur für die rote Farbe kann man vernünftigermassen keinen Nützlichkeitsgrund finden.

Wegen der hohen Bedeutung, die der Farbenwechsel im grossen Ganzen besitzt, ist er im Tierreiche so ausserordentlich verbreitet. Jedoch folgt daraus bei weitem nicht, dass wir es als allgemein gültiges Grundgesetz ansehen müssen: „Dass in allen Fällen der Farbenvariation und des Farbenwechsels ein Nützlichkeitsgrund vorhanden sein muss!“ Nein! In den allermeisten Fällen ist er vorhanden, in manchen jedoch (Känguruh, unseren Fischen z. B.) finden wir vernünftigerweise keine Nützlichkeit für solch spezifische Eigenschaften. Ihr Vorhandensein ist folgendem zuzuschreiben, nämlich: sie sind eine korrelative, notwendige nutzlose Begleiterscheinung des sonft für das Tierreich hochbedeutenden Reflexmechanismus für Farbenvariation und Farbenwechsel, gewissermassen ein Anhängsel.

Nachdem ich nun meinen makroskopischen Befund gegeben habe, gehe ich zu dem mikroskopischen über, bei dessen Abhandlung ich hauptsächlich diejenigen beweglichen Elemente der Haut berücksichtige, die durch Verschiebung und Veränderungen den Farbenwechsel wahrscheinlich bedingen. Diese Elemente sind das Pigment.

Vorausschicken möchte ich, dass die Epidermis der Fische, wie ja bekannt, sich von derjenigen der höhern Tiere schon dadurch unterscheidet, dass, wenn auch die Epithelzelle in der Haut der Fische bei ihrer Wanderung nach oben sich allmälich abflacht, doch von einem eigentlichen Stratum corneum keine Rede sein kann. Denn selbst die obersten Zellen der Epidermisschicht lassen noch deutlich ihren zelligen Charakter dadurch erkennen, dass sie Kern, Protoplasma u. s. w. noch stets deutlich zeigen. Aus gewissen Gründen, die ich später angeben werde, kann ich Barsch und Forelle nicht zugleich abhandeln, sondern wende mich zunächst zur Forelle. Vorerst möchte ich über die Entstehung und Bildung des Pigmentes bei der dem Tageslicht ausgesetzt gewesenen Forelle, und die ich als „normal“ bezeichne, selbst sprechen.

Oberhalb der Schuppentasche, die teilweise zur Leitungsbahn des Pigmentes gehört, wie ich später zeigen werde, liegt die

charakteristische Basalschicht der Epidermis, welche aus kubischen bis cylindrischen Zellen besteht. Unmittelbar über derselben sieht man eine mindestens doppelreihige Schicht von Zellen, die von ihrer Unterlage durchaus in Aussehen und Gestalt abweichen. Der Zellkörper ist nur wenig oder fast kaum vorhanden, so dass sich eigentlich nur der Kern unserm Auge darbietet, umsomehr, als diese Kerne eine bedeutend dunklere Färbung zeigen, als die Kerne der umliegenden Zellen. Die Gestalt dieser Pigment-Determinanten, wie ich sie nennen will, ist verschiedenartig, wie man aus Fig I, P.D. sehen kann. Ihre Form schwankt zwischen rund, oval, komma- bis sichelartig u. s. w. Zwischen ihnen finden sich auch zerstreut eigentliche Epithelien.

Aus diesen Gebilden also entwickelt sich das Pigment, wie oben erwähnt. Betrachte ich nun das bisher Geschilderte als erste Stufe der Pigmentbildung, so komme ich jetzt zum zweiten Entwickelungsstadium, das sich hauptsächlich dadurch dokumentiert, dass die Determinanten nach oben wandern und sich mit einer Hülle umgeben. Wir haben dann folgendes Bild. Stark dunkel gefärbter Kern, um den ein glasheller Raum sich befindet, der von einer Membran umgeben ist. Sehr häufig finden sich im Innern dieses Gebildes anstatt eines Kernes, deren zwei, drei und vier. Der Vorgang, wie er sich bei der Entstehung der Fig. I. a abspielt, ist folgender: Zwischen den Determinanten findet eine Annäherung statt. Auf einem gewissen Annäherungsgrade angelangt, bildet sich ein fast kreisrunder Hohlraum aus, der sich mit einer scharf konturierten Hülle umgiebt, in welcher dann die Kerne deutlich hervortreten. Meistenteils verschmelzen sie nun zusammen, setzen sich um zu einer körnigen Masse, die anfangs schmutziggelb ist und später die tiefdunkle Farbe des Pigmentes annimmt. Denselben Entwickelungsgang zeigen auch jene Gebilde, die wir oben als einkernige kennen gelernt haben. Oft verzögert sich die Zersetzung des Kernes und wir sehen dann denselben, wenn der Hohlraum sich verhältnismässig weit oben befindet.

Was sind die Determinanten nun für Abkömmlinge und woher stammen sie?! Wir wissen, dass die Basalschicht in steter Teilung begriffen ist. Während die einen Tochterzellen zu richtigen Epithelien sich ausbilden, entwickeln sich andere, zu

jenen Gebilden, deren genaue Beschreibung ich hier niedergelegt habe.

Mit der Zersetzung des Inhaltes geht eine Vergrösserung des Hohlraumes Hand in Hand. Je höher derselbe nach oben steigt, um so mehr schreitet die Artogenese der Pigmentbildung fort. Wir sehen also, dass die ursprüngliche Bestimmung der Hohlräume die Bildung des Pigmentes ist. Die Bestimmung aber ist nicht ihre einizige. Während der Bildung des Pigmentes setzt eine sekundäre Funktion des Hohlraumes ein und zwar nimmt derselbe aus seiner Umgebung Schleim auf. Dieser Umstand verursacht die allmähliche Vergrösserung des Raumes, der schliesslich sein Pigment teilweise oder ganz abzugeben gezwungen ist und nunmehr zur Sekretionszelle wird, die bereits von Leydig und anderen als solche erkannt und beschrieben worden ist. Ihnen jedoch ist die hochinteressante und bedeutungsvolle Entstehung und Beziehung zur Pigmentbildung unbekannt geblieben. Wir wissen, dass diese Zellen, an der Oberfläche der Haut angekommen, ihren schleimigen Inhalt auf dieselbe entleeren und so den Körper des Fisches geschmeidig und schlüpfrig machen. Die Entwicklung des Pigmentes und die Ausbildung zu Sekretionszellen erfolgt in einer verhältnismässig kurzen Zeit. Sehen wir doch, dass die Zelle rascher aufwärts steigt, als das um sie gelagerte Epithelgewebe. Wenn ich das letztere mit der Luft vergleiche, so sind sie der Luftballon, der sich rasch erhebt, alles hinter sich zurücklassend. Gleichen sie in ihrem Aussehen diesem modernen Fortbewegungsmittel, so möchte ich die Ursache ihres Aufwärtssteigens denselben Kräften zuschreiben, die den Ballon in ätherbeschwingte Höhen hebt. Die spezifisch geringere Schwere, die sie besitzen oder, was wahrscheinlicher ist, den durch die stetige Zellvermehrung verursachten Druck ihrer Umgebung, dem die Spannung des Hohlraumes wohl widerstehen kann, der sie aber hebt und trägt und sie so an die Oberfläche befördert, möchte ich als Grundprinzip ihrer Bewegungslehre annehmen.

Wie gelangt nun das Pigment aus dem Hohlraum und wohin geht es?! Auch darüber bin ich in der glücklichen Lage, Auskunft geben zu können. Ich konnte beobachten, dass einige

Sekretionszellen wenigstens einen Teil ihres Pigmentes behielten und dasselbe dann an die Oberfläche abgaben. Die meisten jedoch entleerten dasselbe nach innen. Die Räume stehen nämlich mit der unter der Basalschicht gelegenen Pigmentbahn, von der ich später noch sprechen werde, durch kleine deutliche Kanälchen in Verbindung. Fig. Ic. Durch diese entleeren sie ihr Pigment und geben es nach unten ab.

Das Pigment wird also in deutlichen Bahnen von dem Orte seiner Entstehung in andere Regionen transportiert. Es dürfte nun am Platze sein, im Anschluss daran die Pigmentbahn, die aus retikuliertem Bindegewebe besteht, wie ich vorausschicken will, in der Haut der Forelle näher zu beschreiben und ihren Verlauf zu erörtern.

Das Pigment sammelt sich aus der Epidermis direkt unterhalb der Basalschicht in der Anfangsbahn. Dieselbe verläuft (Fig. I P.B.) anfangs oberhalb der Schuppe, wendet sich dann allmählich nach der Tiefe und gelangt so unter die folgende Schuppe, wo sie die Hauptbahn bildet. Hier erhält sie einen Zuzug durch eine andere kleinere Bahn, die sich an der unteren Fläche der Schuppe hinzieht und das Pigment aus dem dort befindlichen epidermialen Überzuge aufnimmt. Von der Hauptbahn, die also an der dorsalen Seite der Cutis liegt und das Pigment gewöhnlich in längeren. zusammenhängenden Massen enthält, zweigen sich an verschiedenen Stellen Kanälchen, die meist in Gruppen zusammenlagern, fast rechtwinkelig ab und durchkreuzen die Cutisschicht. In den dichten Conglonceraten kann allerdings das Pigment diesen seinen Weg durch die Cutis nicht nehmen, und so sieht man, dass es seine Form ändert und in einer körnigen Strömung durch die bestehende Passage nach der unteren Seite der Cutis wandert. Hier sammelt es sich wieder zu grösseren Massen und bildet abermals eine Hauptbahn, von der es dann, nachdem es wiederum Körnchenform angenommen hat, durch Lymphbahnen und Lymphspalten in der Muskulatur aufgenommen und weitergeführt wird.

Meinen Ausführungen über die Forelle lasse ich nun die normalen histologischen Verhältnisse der Haut bei dem Barsche folgen. Wenn auch im Prinzip der histologische Aufbau der

Haut, sowie die Bildung des Pigmentes n. s. w. dem der Forelle entspricht, so existieren doch feinere ganz augenscheinliche Unterschiede, die ich hier näher betrachten will.

Vor allem ist es die Schuppe, die von der der Forelle deutlich abweicht. Während bei dieser auf der Rückenseite lange, schmale nach hinten gerichtete zähnchenartige Fortsätze aufsitzen, mit Ausnahme des dem freien Ende zugekehrte letzte Drittels, finden wir beim Barsche die Oberfläche der Schuppe, soweit sie in der Schuppentasche liegt, mit 4 oder 5 konischen Erhebungen ausgestattet. Das freie Ende der Schuppe tritt auch bei ihm deutlicher hervor, während bei der Forelle die ganze Schuppe mehr „eingebettet" ist in der Epidermis und ein dünnes zartes Hornblättchen darstellt. Da die Schuppe des Barsches viel grösser und stärker entwickelt ist, die Epidermis also, die das freie Ende der Schuppe überdeckt, viel widerstandsfähiger sein muss als bei der Forelle, so hat sich aus natürlichen Gründen hier eine Modifikation derselben vollzogen, die deutlich wahrzunehmen ist. Sie besteht in einer, ich möchte sagen Vorstufe der Verhornung. Man kann nämlich an dieser Stelle, an (Fig. I c, E) dem freien Ende also, wahrnehmen, dass die Epidermisschicht dort dünner, die Epithelzellen selbst dort kleiner und platter geworden sind. Dieser Abschnitt ist auch stets frei von den von mir beschriebenen Hohlräumen respektive Sekretionszellen, sowie von Pigment. Die Bildungsstätte des letzteren ist also nicht wie bei der Forelle gleichmässig in der ganzen Epidermis, sondern mehr auf den den unteren Teil der Schuppe bedeckenden Abschnitt derselben.

Als wesentlichsten Unterschied zwischen Barsch und Forelle möchte ich folgenden bezeichnen. Während die unterste Lage der Epidermisschicht in der Haut der Forelle eine regelrechte aus kubischen bis cylindrischen Zellen bestehende Basalschicht besitzt, die von den oben beschriebenen Determinanten frei ist, ist das Bild beim Barsch ein grundverschiedener. Die Basalschicht setzt sich dort aus wenig zahlreichen cylindrischen Zellen zusammen, zwischen denen zahlreiche einkernige, selten zweikernige Determinanten zerstreut liegen, die bereits den kleinen Hohlraum mit der einschliessenden Membran erkennen lassen. Es fällt also die bei der Forelle beschriebene zweite Entwicklungsstufe der

Determinanten hier bereits in die Basalschicht. Im übrigen ist die weitere Entwicklung der letzteren homolog der bei der Forelle. Hier möchte ich noch erwähnen, dass beim Barsch die Kanäle, die von den Hohlräumen in die erste Pigmentbahn hinabgehen, deutlicher zu sehen sind wie bei der Forelle.

Dies sind die hauptsächlichsten Unterschiede, die ich bei meinen Untersuchungen zwischen Barsch und Forelle fand. Die Bildung des Pigmentes in der Epidermis ist bei beiden gleichwohl im Prinzip dieselbe.

Konnte ich bei meinen Versuchen den Einfluss des Lichtes und der farbigen Lichtstrahlen auf die Hautfarbe schon durch makroskopische Beobachtungen feststellen und so den Befund bedeutender Forscher bestätigen, so muss ich bezüglich meines mikroskopischen Befundes, den meine Untersuchungen der Haut dieser der verschiedenen Belichtung ausgesetzt gewesenen Fische gezeitigt haben, folgendes sagen.

Bei dem Vorgange des Farbenwechsels kommt bei den Fischen wahrscheinlich nur das in der Haut befindliche Pigment, und zwar seine Menge und seine Verteilung in den Hautschichten, in Betracht. Vielleicht ist auch die Schuppe quasi als Reflexspiegel bei dem Farbenspiel beteiligt.

Ich gehe nun von der Betrachtung des Pigmentes aus, wie sich dasselbe bezüglich seiner Verteilung in der Haut bei den Fischen verhält, die dem Tageslicht ausgesetzt waren. Im grossen Ganzen ist dasselbe in den Hohlräumen der Epidermis vorhanden, aus denen es aber teilweise herausgedrückt ist und sich schliesslich in stark verzweigten und verästelten Formen auch an den Stellen sich zeigt, wo seine natürliche Lage nicht ist. In den Bahnen ist das Pigment ebenfalls und ist dort in kürzeren Strängen zusammengelagert anzutreffen. Zwischen Barsch und Forelle besteht allerdings insofern ein Unterschied, als die Menge des Pigmentes bei ersterem durchschnittlich grösser ist. Sodann sind die Partien der Epidermis beim Barsche, die ich bereits früher schon als gewissermassen kornifiziert beschrieben habe, von Hohlräumen frei, somit auch von Pigment. In den Partien dagegen, wo die Hohlräume zahlreich vorhanden sind, treffen wir das Pigment entsprechend zahlreicher an, jedoch wie es mir

scheint innerhalb der Hohlräume weniger als bei der Forelle, dagegen mehr in den Bahnen als bei dieser.

Im Anschluss an diese normalen Verhältnisse möchte ich nun die Resultate meiner mikroskopischen Untersuchungen der den grünen Lichtstrahlen ausgesetzt gewesenen Fischhaut geben. Auffallend ist hier die Verminderung des Pigmentes im Allgemeinen. Aus der Epidermis ist dasselbe fast ganz verschwunden. In einzelnen an der Oberfläche gelegenen Hohlräumen kann man es noch vorfinden. In den Pigmentbahnen unterhalb der Epidermis treffen wir einen continuirlichen, allerdings verhältnismässig dünnen im Bilde schwarzgelblich erscheinenden Streifen, der aus körnigem Pigment besteht. In den tieferen Bahnen sind die Pigmentstränge ebenfalls vorhanden. Eigentümlich ist in diesem Präparate die reihenförmige Anordnung der Pigmentkörnchen. Die einzelnen Reihen stehen fächerförmig zusammen, sodass wir von einer gewissen architektonischen Struktion sprechen können.

Das grüne Licht scheint die Pigmentbildung hintenanzuhalten. So erklärt sich auch, dass im Gegensatz zu andern Präparaten in den Hohlräumen Verhältnisse angetroffen werden, wie sie sich sonst unserm Auge weniger deutlich darbieten. Die unterste Schicht der Epidermis ist frei von Hohlräumen, in der Mitte enthalten die zahlreich vorhandenen Hohlräume fast ausnahmsweise ein feinkörniges rötliches Conglomerat, das eine Menge kleiner schwarzer Körnchen enthält, die in dem einen weniger, in dem andern mehr stark in den Vordergrund treten und auch in kleinen Strängchen angeordnet sein können. Die obersten Hohlräume sind fast immer leer, nur ab und zu sehen wir im Innern eine schwarze Massse, die nicht sehr dicht gelagert ist.

Ich glaube wohl richtig zu behaupten, wenn ich annehme, dass das grüne Licht eine Verlangsamung der Pigmentbildung, sowie einen Schwund und ein Verschwinden desselben in der Epidermis verursacht, sodass die einzelnen Stadien der Pigmententwicklung deutlicher beobachtet werden können. Die Neubildung und Anlage der Hohlräume ist auch vermindert, sodass also die sogenannten Determinanten nur vereinzelt anzutreffen sind.

Die den blauen Lichtstrahlen ausgesetzt gewesenen Fische zeigen einen vollständigen Schwund des Pigmentes aus der

Epidermis. Dagegen kann man eine deutliche Kernströmung aus der Epidermis in die darunter gelegene Bahn wahrnehmen. An einzelnen Stellen tritt dieselbe so stark hervor, dass ganze Komplexe mit einer ungeheuern Menge von Kernen beladen sind. Dieselben sind identisch mit unsern Determinanten und stammen alle von Zellteilung her. In den Bahnen ist das Pigment stark vorhanden. Bei den Schnitten durch die helleren Partien zeigt sich die Hauptbahn als ein auffallend dicker und schwarzer Streifen zwischen Cutis und Muskulatur, während bei den Schnitten durch die dunkleren Hautpartien das Pigment hauptsächlich mehr in den oberen Bahnen anzutreffen ist.

Bei den Hautschnitten der Fische, die der roten Belichtung ausgesetzt waren, finden wir im grossen Ganzen dieselben Verhältnisse wie bei blau. Das Pigment ist ebenfalls nach den Bahnen gedrängt und aus der Epidermis verschwunden. Die Kernströmung ist hier weniger zu beobachten als bei blau. Beim Barsch ist die Menge des Pigmentes durchschnittlich grösser als bei der Forelle und die Verteilung in den Bahnen eine gleichmässigere.

Nachdem ich nun den mikroskopischen und makroskopischen Befund bei meinen Versuchstieren beschrieben habe, möchte ich zunächst die Frage aufwerfen: ob und wie weit zwischen beiden ein korrelatives Verhältnis existiert. Meine Versuche zeigen, dass in der Tat Wechselbeziehungen vorhanden sind, dass bei den verschiedenen Farbeneinflüssen eine Verschiedenheit in der Verteilung und der Menge des Pigmentes in der Haut vorhanden ist. Ich fand dasselbe bei hell (Tageslicht) in der Epidermis und Cutis diffus in stark verzweigter Form vor, in den Bahnen dagegen waren grössere Mengen nicht sichtbar.

Bei grün zeigte sich ein Schwund des Pigmentes in der Epidermis und stärkere Ansammlung in sämtlichen Bahnen.

Bei blau und rot war das Pigment in einem dichten dicken Strang in der unterhalb der Cutis gelegenen Hauptbahn hauptsächlich gelagert, während es aus der Epidermis vollständig verschwunden und in den oberen Bahnen nicht zahlreich anzutreffen war. Dass bei dem Farbenspiel das Pigment nicht der alleinige Faktor ist, der in Betracht kommt, sondern der Schuppe als

Reflexspiegel ihr Anteil auch zugemessen werden muss, ist nicht zu bezweifeln. Auch will ich nicht bestreiten, dass vielleicht noch andere Momente, die bisher noch unaufgeklärt geblieben sind, bei der Entfaltung der Farbenpracht, wie sie meine Tiere zeigten, mitspielen. Schon Stark hat im Jahre 1830 die ausserordentliche Veränderlichkeit der Farben bei Fischen beobachtet.

Über die Entstehung des Pigmentes und seine Beziehungen zu dem Farbenwechsel haben eine grosse Anzahl von Forschern bisher geschrieben. Leider fehlen in der Litteratur gerade Angaben über das Pigment bei Fischen und ich habe einen guten Griff getan, gerade bei ihnen die Pigmentfrage zu studieren. Allerdings ist es sehr schwer und erfordert grosse Geduld, die Haut der Fische zu schneiden, da die Epidermis sehr zart und die Schuppen hart sind, sodass erstere meistens zerreisst und bei letzteren das Messer bald stumpf ist und es einer grossen Anzahl von Schnitten bedarf, bis ein tauglicher unter ihnen ist.

Ich gebe nun kurze Auszüge der von mir benutzten Litteratur. (8) Koelliker hat in seinen Untersuchungen bei Protopterus annecteus verzweigte und verästelte Pigmentzellen unterhalb der Epidermis in der Cutis gefunden und spricht die Vermutung aus, dass alle Pigmentzellen in den Oberhäuten aus der Cutis durch Einwanderung in dieselben gelangen. Er fand derartig verzweigte sternförmige Zellen in der Cutis, die ihre Ausläufer in die Epidermis schickten. Die dunklen Färbungen der Oberhaut glaubt er, rührten nicht von diesen die tiefere Lage der Epidermis einnehmenden Pigmentzellen her, sondern von denjenigen, welche die Epidermis bevölkern. Er gibt zu, dass also bei Tieren mit dunkler Epidermis die die dunkle Farbe bedingenden Pigmentzellen in dieser sich befinden. In den Epidermiszellen selbst hält er das Pigment für eine Ablagerung, die dadurch zustande komme. dass die aus der Cutis in die Epidermis gewanderten Pigmentzellen ihre Fortsätze in die Epidermiszellen hineinsenden und schliesslich ihr ganzes Pigment dort um den Kern herum ablagern. In der Haut des Negers und der pigmentierten Epidermis der kaukasischen Rasse konnte er verzweigte Pigmentzellen nicht nachweisen. Dagegen fand er in der äussersten Lage der Cutis wechselnde Mengen kleiner rundlicher bis spindelförmiger Pigmentzellen, die

auch der tiefsten Epidermiszellenschicht anlagen und zwischen dieselben sich einschoben.

(9) Theodor Kodis hat zu beweisen gesucht, dass in der Epidermis verschiedene Zellen neu entstehen können. Er behauptet, dass auch die Pigmentzellen, entgegen der herrschenden Ansicht, dass dieselben vom Bindegewebe ins Epithel wanderten, in dem Epithel ihren Ursprung hätten und dann in die tieferen Schichten einwanderten. Über die Entstehung des Pigmentes und der Pigmentzellen hat er folgendes angegeben. Im frühesten embryonalen Stadium sei das Pigment in allen Zellen gleichmässig vorhanden, während Pigmentzellen fehlten. Später werde das Pigment von den Epithelzellen nach aussen abgelagert, so dass die nach aussen gerichtete Seite der Epithelzelle mehr oder weniger mit Pigment beladen sei. Im Momente der Schichtenbildung des Epithels ereigne sich derselbe Vorgang mit dem Pigment. Dasselbe lagere sich schichtenweise ab. Bei der weiteren Entwicklung belüden sich schliesslich nur einzelne Zellen noch vorzugsweise mit Pigment und bildeten dann vereinzelte typische Pigmentzellen. Er konnte in dem sich regenerierenden Epithel in jeder Epithelzelle Pigment feststellen. Das Protoplasma bildet hier die Hauptablagerungsstelle in den Zellen selbst. Am meisten aber fänden sich nach seinen Untersuchungen die Pigmentmassen in der Kittsubstanz zwischen den Epithelien. Dieses in der Kittsubstanz abgelagerte Pigment wird dann nach seiner Ansicht von lenkozytoiden Zellen angesammelt mittels Plasmafortsätze, die sie nach allen Richtuugen hin zwischen den Zellen aussenden. Im Bindegewebe und Epithel älterer Froschlarven fand er normal Pigment und Pigmentzellen, letztere als vielverzweigte, längliche, mit den Bindegewebsmaschen in Verbindung stehende Zellen vor. Weiter fand er vereinzelte kugelige Pigmentzellen ohne Fortsätze und flache, mit korrespondierenden Fortsätzen versehene. Letztere boten im Flächenschnitte das Bild sternförmiger Zellenplatten mit dicken Ausläufern. Der Kern dieser Zellen sei stets deutlich zu sehen, wenn das Pigment nicht zu dunkel sei. Was die Farbe des Pigmentes anbetrifft, so fand er im Bindegewebe solches von dunkelbrauner bis hellgrünlich-gelber. Im Epithel fand er Pigmentzellen, die entweder dicht mit Pigment angefüllt waren

oder weniger reichlich. Die ersteren sollen rundlich mit zahlreichen Fortsätzen versehen sein, letztere heller, in ihrer Form mehr den leukozytoiden Zellen sich nähernd. Ihr Pigment soll sich nach der Peripherie in einem Kranze lagern können, oder sie zeigten pigmenthaltige Protoplasmazüge, die von der Kernmembran ausgingen und so den Anschein erwecken würden, als ob die Chromatinsubstanz des Kernes sich in Pigment verwandele. Den Ursprung des Pigmentes führt er also auf die Epithelzelle zurück; indem sich in einigen derselben Pigment bilde; diese Zellen lösten sich dann von ihrer Umgebung los, sammelten das in der Kittsubstanz abgelagerte Pigment und wanderten in das Bindegewebe, wo sie sich unter Auflösung des Pigmentes teilweise zu Bindegewebszellen umwandelten. Schliesslich hat Kodis noch erwähnt, dass bei degenerativen Prozessen des Epithels ebenfalls Pigment entstehe.

(4 u. 5) Ehrmann nimmt als Tatsache an, dass das Pigment in den Zellen der Lederhaut gebildet wird, dass die Zellen das Material dazu aus dem Blute bekommen; letzteres glaubt er schon dadurch bewiesen, dass das Pigment nur dort sei, wo Blutgefässe wären, andererseits sei dies ganz selbstverständlich. Zu diesem Beweise bedürfe es weiter keiner Untersuchung, denn die Zellen bekämen ihr Material aus dem Blute. So führt er als bekannt an, dass Haemorrhagien Pigment hinterliessen. Dann zitiert er Langhaus, der nachgewiesen habe, dass Blutkörperchen von lymphoiden Zellen aufgenommen und in Pigmentkörner umgewandelt würden. Auch stützt er sich auf die Erfahrung Quincke's, der durch Injektion von Blut in das Unterhautzellgewebe bei einem Hunde die Bildung von Pigment nachgewiesen habe. Da eine derartige Umwandlung von Blut (Haemoglobin, Haematin, Pigment) ausserhalb des tierischen Körpers nicht vor sich gehe, so käme jedenfalls bei dieser chemischen Zersetzung das aktive Mitwirken der Zellen in Betracht, das körnige Pigment sei also ein Produkt der Zelltätigkeit. Normaler Weise finde sich körniges Pigment bei Säugetieren nur innerhalb der Zellen. Über das Pigment in der Epidermis der Amphibien berichtet er, dass dasselbe dort ebenfalls vorhanden sei, nur die Basalschicht sei frei davon. Er hält das Vorkommen des Pig-

mentes in der Epidermis für eine Pigmentinfiltration. Die von der Unterhaut stammenden verzweigten Pigmentzellen würden ihr Pigment an die darüber liegenden Zellschichten der Epidermis abgeben mittels ihrer Fortsätze, die sich mit solchen der Epidermiszellen vereinigten und so eine Brücke bildeten, durch die dann das Pigment in die Epidermiszelle hinüberwandern. Bei letzteren lagere sich dasselbe sichelförmig an der oberen Seite ab.

Man könne beobachten, dass an den pigmentfreien Stellen des Coriums die darüberliegende Epidermis fast regelmässig stark pigmentirt sei, also habe das erstere sein Pigment nach oben abgegeben. Diese Abgabe des Pigmentes z. B beim Farbenwechsel bringt Ehrmann insofern mit dem Nerveneinfluss zusammen, dass das subepitheliale Netz der Pigmentzellen aktiv unter dem Einflusse des Nervensystems die oben erwähnten Fortsätze aussende und so eine Abgabe des Pigmentes an das Epithel erfolge.

(20) Solger. giebt an. Der Kern der Pigmentzellen erscheine als ein helles rundes oder ovales Feld. Bei Knochenfischen kämen in den obersten Lagen des Coriums auch mehrkernige Formen von Pigmentzellen vor. Einzelne Pigmentkörnchen oder Gruppen derselben könnten sich über diese hellen Felder hinschieben, wodurch dieselben von Lücken im Zellkörper unterschieden werden könnten, da letztere den ganzen Zellleib durchsetzten. Wenn zwei Kerne vorhanden seien, so ständen die Kerne gewöhnlich mit je einem Pole unter einem Winkel zusammen. Zwischen diesen soll sich ein heller Fleck, den er Centralfleck nennt, befinden, von dem aus die Pigmentkörnchen radiär ausstrahlten. Um den Centralfleck selbst sei die Pigmentierung am stärksten. Er nennt mit Haeckel die Pigmentkörnchen geformte innere Plasmaprodukte

(23) Unna hält die von Ehrmann beschriebene Art und Weise des Pigmentüberganges von einer Zelle zur anderen mittels gebildeter Fortsätze u. s. w., besonders von den Coriumzellen zu den Epithelzellen, für eine Verkennung des Tatbestandes. Nach seiner Ansicht sind jene verzweigten Pigmentzellen Saftlücken. die mit Pigment ausgegossen sind. Die Bahn also, auf der das Pigment vordringe, sei die Lymphbahn. Er glaubt demnach

nicht an die Existenz von Pigmentzellen in der Haut Das Eindringen des Pigmentes in den Zellkörper selbst, erklärt Unna dadurch, dass dasselbe durch Saftkanäle, resp. die an die Kernpole führenden Gänge, in welchen die intracellulären Nervenfaden den Kern erreichten, eindringe.

(6) Fischel hat durch höhere Temperatur (20° C) experimentell nachzuweisen gesucht, dass unter dem Einflusse derselben dunkle Larven hell und umgekehrt helle Larven dunkel durch niedere Temperatur (8° C) werden könnten. Er fand, dass bei jungen Tieren der Farbenwechsel rascher erfolge und dass, da letzterer auf der Pigmentierung beruhe, das Pigment also rascher reagiere als bei älteren Tieren. Diese rasche Reaktion zeige sich am besten bei kurzen Kälte- und Wärmereizen. Der Einfluss des Lichtes sei weniger von Wirkung. Er will gefunden haben, dass Larven unter den gleichen Temperaturverhältnissen durch Tageslicht dunkler gefärbt wurden, wenn sie aus dem Dunkel dahin verbracht wurden, und sich heller färbten, wenn sie aus der Helle ins Dunkel gebracht wurden, jedoch nur bei kurzer Einwirkung des betreffenden optischen Reizes; bei längerer Einwirkung trat das Umgekehrte ein.

Er stellte folgenden Satz auf: Kälte, kurz dauernde Belichtung und langdauernde Verdunkelung — sie wirken schwärzend. Wärme, lange Belichtung und kurzdauernde Verdunkelung — sie wirken bleichend.

Die histologischen Ursachen dieser Färbungsdifferenzen sucht er folgendermassen zu erklären. In der Haut der Larven fände sich das dunkle Pigment in 3 Formen vor. 1. Als Körnchen in den Epithelien. 2. Als Pigmentzellen im Epithel. 3. Als Pigmentzellen in der Lederhaut (letztere mächtiger und reicher verzweigt wie die ersteren). Zwischen diesen Zellen seien Zellen mit hellerem Pigment eingelagert. Wirkten nun solche Reize auf die Haut ein, die das Tier bleichten, dann käme einerseits bei lang andauernder Reizwirkung ein Pigmentschwund zustande, bei kurzer Reizwirkung, die nur eine vorübergehende Bleichung hervorrufe, aber handele sich nur um eine Kontraktion der reichverzweigten dunklen Chromatophoren, die sich zu Klumpen zusammenballten. Also um eine Bewegungserscheinung.

(7) Flemming bestreitet die Annahme Fischels, dass bei der Salamanderlarve der Temperatur ein grosser Einfluss auf die Pigmentierung der Haut zukäme. Nach seinen Beobachtungen sei die Ursache der ungleichen Pigmentierung in dem Einflusse des Lichtes, nicht in dem der Temperatur zu suchen. Seine Erfahrungen lehrten, dass die Bleichung allein durch Wirkung des Lichtes, ohne jede Mitwirkung der Temperatur erzielt werden könne.

(10) Krukenberg hat durch seine Versuche mittels giftiger Substanzen bei Eleodona moschata zu beweisen gesucht, dass das Chromatophorenspiel bei diesen Tieren vom Centralnervenapparat aus beeinflusst würde. Bei dem Dunkler- und Hellerwerden des Tieres spiele die Contraction und Expansion der Chromatophoren eine Hauptrolle. Es gelang ihm, durch elektrischen Reiz die durch Gift gelähmten Nerven wieder zu erregen und einen Farbenwechsel hervorzurufen, was er unter anderem für beweiskräftig genug hält, seine Theorie als richtig anzusehen. Den Vorgang erklärt er sich so, dass die Nervenfasern mit den contraktilen Fasern, die am Pigmentkörper sich inserierten oder in der Membran des Pigmentkörpers vorhanden seien, wahrscheinlich in Verbindung ständen.

Ein ausserordentlich prachtvolles Farbenspiel beobachtete er bei bei Sepia officinalis, indem er das Tier einer Mischung von verschiedenen Giften aussetzte, sodass bald dieses, bald jenes Gift die Oberhand erhielt und den spezifischen Farbenton auslöste.

In einer anderen Arbeit hat derselbe (11) Krukenberg die von den lebenden Wesen gebildeten Pigmente und deren Veränderungen einem eingehend vergleichend physiologischen Studium unterzogen. Es gelang ihm, Farbstoffe aus Tieren zu extrahieren und deren chem. Verhalten und chem. Zusammensetzung zu untersuchen. Dabei hat er gefunden, dass die Einwirkung des Lichtes von gewisser Bedeutung sei. So setzte er einen mit dem gelbgefärbten Ätherextrakt des grünen Heuschrecken-Farbstoffes getränkten Papierstreifen dem Sonnenlichte aus. 1 bis 2 Stunden später hatte derselbe bereits die grüne Farbe des Tieres angenommen. Ein anderer Papierstreifen mit derselben Flüssig-

keit getränkt, aber im Dunkel gehalten, veränderte seine Farbe nicht.

Nach seinen Erfahrungen glaubt er annehmen zu können, dass dem Lichte ein wesentlicher Einfluss auf die natürliche Färbung der Heuschrecken zukomme, dass es die Lichtwirkung sei, die diesen Tieren, ihrer Umgebung entsprechend im Sommer ein grünes, im Herbste ein rotes Gewand verleihe.

In einer weiteren, dritten Arbeit stellt (12) Krukenberg den Satz auf: „Wo das Pigment entsteht, muss für jeden Fall besonders erwogen werden!“ Hier erwähnt er, dass ganz besonders in der Haut von Fischen die Pigmentzellen mit roten, gelben, grünlichen Fetttropfen ausgestattet seien. In den Federn der Vögel sind Farbstoffe anzutreffen, die sonst im ganzen Organismus des Tieres nicht anzutreffen sind. Sie entständen also in loco. Die Farbstoffe, die im Pigment enthalten seien, unterlägen den Veränderungen durch das Licht und andere Einflüsse. Der Farbstoff würde entweder an Ort und Stelle zerstört oder resorbiert. Bei allen Färbungsverschiedenheiten, welche auf individuelle, sexuelle oder Rasseneigentümlichkeiten beruhten, müsse man nicht vergessen, dass alle derartigen Differenzen nur durch den Ausfall eines Pigmentes oder durch strukturelle Verschiedenheiten der Organteile, oder dadurch zustande komme, dass es bei der Bildung eines definitiven Farbstoffes nur bei Vorstufen desselben bleibe. Niemals habe man gravitierende Stoffwechselvorgänge in dieser Richtung bei einer Zelle gesehen.

Die Pigmente variierten z. B. durch individuelle Einflüsse zwischen gelb, rot und braun-schwarz. Die Entstehung des Pigmentes stehe allerdings im engen Zusammenhange mit den physiol. Prozessen des Körpers, das spezifische Verhalten aber würde bedingt durch chemische, thermische, optische etc. Reize.

Zum Schlusse redet er noch das Wort der Vererbungs- und Anpassungstheorie.

(21) Schulze fand in seinen Untersuchungen der Fischoberhaut Gefässe, die er wegen ihrer Form Becherzellen nannte. Von Leydig waren dieselben Zellen Schleimzellen genannt und schon früher beschrieben worden. Bei verschiedenen Fischen sind sie verschieden gross. Es sind runde, bläschenartige, von einer

Membran umgebene helle Gebilde, die bei näherer Betrachtung eine feinkörnige dunklere Partie zeigen, die sehr häufig einen hellen bläschenförmigen Kern erkennen lassen. An Stelle dieses hellen Kernes komme auch ein länglicher, stärker lichtbrechender Körper vor, der das Aussehen eines veränderten Kernes habe, wie man ihn oft bei älteren Zellen sehe. Weiter konstatierte Schulze, dass bei einem Teile dieser Zellen die Membram ganz geschlossen sei; bei den übrigen zeige sich in derselben eine rundliche, auffallend scharf begrenzte Öffnung, die stets gegenüber der kernhaltigen Partie gelegen sei. An dieser Öffnung kann die Membram rüsselartig ausgezogen sein, so dass das ganze Gebilde die Form einer Flasche annehme. Nach unten könnten diese Zellen einen konischen Fortsatz resp. Anfang besitzen, in dem dann meist das Protoplasma mit dem Kernrest liege. Nach Angabe Schulze's variiert das Vorkommen der Becherzellen in der Haut der verschiedenen Fische stark. Auch sollen sie nur in der mittleren und oberen Lage der Epidermis vorkommen. Dieser Umstand würde also für die Entwickelung der Becherzellen insofern von Bedeutung sein, als dieselben verhältnismässig rasch vor sich gehen muss. Die Ausbildung der Zelle muss also erfolgen, während sie nach oben steigt. Jede Becherzelle lässt Schulze aus einer Epithelzelle entstehen. Er glaubt, dass die Epithelien, die zu Becherzellen werden, bereits in ihrer Anlage dazu bestimmt sind, ohne dass wir sie nachweisen können. Dass diese Becherzellen Schleim absonern, hat er durch Versuche zu beweisen gesucht. Das Auftreten des Schleimes aus der Zelle auf die Oberhaut des Fisches hat er deutlich zu beobachten geglaubt.

In seiner Arbeit über die verästelten Pigmentzellen giebt er an, so habe er diese dieselben in grösserer verästelter Form in der Epidermis und zwar nur in der mittleren und am meisten in der oberen Schicht, nie in der Basalschicht, angetroffen, jedoch nur bei Stör, Aal, Schleie, Kaulbarsch. Diese Zellen seien in der Haut nicht gleich stark vorhanden. Sie besässen eine stark lichtbrechende Grundsubstanz und einen hellen blässchenförmigen Kern. In die Grundsubstanz sei das aus feinen Körnchen bestehende Pigment eingelagert. Die Pigmentzellen hält

er indentisch mit den Bindegewebskörperchen und schreibt ihnen auch Contractilität zu.

(17) Riehl fand das Pigment unterhalb der Haarpapille an verästelte Wanderzellen gebunden. Die Fortsätze befänden sich in den Interstitien zwischen den Epithelien. Je weiter das Pigment an die Oberfläche gelange, umsomehr dringe es in die Epithelzellen ein und verschwände aus den Interstitien. Bei der Verhornung der Zellen würde dann eine Verteilung resp. Lösung des Pigmentes erfolgen. Über das Schicksal der Wanderzellen, die ursprünglich das Pigment enthielten, hat Riehl nicht gesprochen.

(3) Demiéville fasst das Resultat seiner Untersuchungen in folgendem Resumé zusammen: Die Hauptveränderungen in den Pigmentflecken der Haut der Menschen seien Kern- resp. Zellinfiltration im Corium und eine Pigmentablagerung im Corium und Rete Malpighi. Die Kernansammlung bestehe aus Nestern und Strängen, welche durch Infiltration der Adventitia der Blutgefässe mit Kernen entständen; durch Zusammenfliessen der Nester und Stränge könne es zu einer diffusen Infiltration kommen. Die Pigmentablagerung erfolge dort, wo eine geringe Kernablagerung vorhanden sei und die Blutgefässe noch nicht obliteriert seien durch Veränderungen. Das Pigment befinde sich wahrscheinlich stets nur in Zellen, die Kerne blieben jedoch stets frei. Bei den Sommersprossen (Epheliden) sei das Pigment meist in Rete Malpighi abgelagert, dabei bestehe aber immer eine, wenn auch gegeringe, Kerninfiltration der Gefässe des darunterliegenden Coriums. Das körnige Pigment entstehe aus blutkörperhaltigen Zellen und sei an die Existenz des Blutes gebunden.

(15) Perls hat die Pigmente verschiedener Organe geprüft und gefunden, dass zweierlei Pigment bestehe.

1. Solches, das die Eisenreaktion gebe.

2. Solches, das diese Reaktion nicht gebe.

Während das erstere hämatogenen Ursprunges sei, soll das zweite nicht aus dem Blute stammen und Eisen frei sein.

(2) Bizzozero & Torré haben bei den Fischen festgestellt, dass die Neubildung der roten Blutkörperchen viel langsamer vor sich geht, als bei höheren Tieren. Als bekannt geben sie an, dass das Blut der Fische sehr arm an Haemoglobin sei.

(13) Leydig hat in seinen histologischen Untersuchungen der Haut einiger Süsswasserfische gefunden, dass es zu einer eigentlichen Verhornung der Epithelien bei Fischen nicht komme. Von der Unterhaut hebe sich die Oberhaut bei toten Fischen hautförmig ab. In der Oberhaut beschreibt dann Leydig die Schleimzellen. Er hält sie für Epithelien, die besonders entwickelt sind. Das Pigment läge z. T. in Zellen, z. T. sei es zwischen und auf das Bindegewebe gelagert. In der Lederhaut unterscheidet er 1) eigentliche Cutis, 2) Schuppentasche, 3) Papillen.

(16) Prowazek machte während seines Aufenthaltes in Triest bei Fischen folgende Beobachtungen: Die Pigmentzellen in der Haut folgten bei ihrer Wanderung der Linie des geringeren, gleichartigen histologischen Widerstandes. Sie folgten nicht dem Blutgefässnetz oder dem Verlaufe der Capillaren. Die Pigmentbildung bei den Fischen stehe also in keinem Zusammenhange mit dem Blute. Er schliesst sich der Ansicht Zimmermanns an, dass das Pigment in den Pigmentzellen strahlig angeordnet sei. Das Pigment selbst sei ein metabolisches Umwandlungsprodukt der Zelle selbst (Pigmentzelle). Er fand nämlich Pigmentzellen mit Farbstoff angefüllt und solche die farblos waren. Er nimmt an, dass die helle Zelle allmählich durch Umwandlung ihres Protoplasmas verschiedene Stadien der Färbung zeige, bis der Farbstoff sich schliesslich zu dem dunklen Pigmente ausgebildet hat. Bei den Salamanderlarven soll das Pigment folgendermassen entstehen:

1. Endogen in Epidermiszellen.
2. In leucozytoiden Pigmentzellen der Epidermis.
3. In grösseren Cutis-Pigmentzellen.
4. Ist es unter gewissen Umständen ein Degenerationsprodukt von verschiedenen Zellen (Epidermis-Bindegewebs-Chordazellen). Unter gewissen Umständen sollen sich die Pigmentzellen ballenartig zusammenziehen, ohne dass die Zelle selbst oder ihre Ausläufer die Form verändern.

(22) Stark sah durch Zufall im Jahre 1830, dass Fische, die er in einem weissen Gefässe hielt, nach kurzer Zeit ihre Farbe so verändert hatten, dass sie ihre Intensität fast verlor. Diese Beobachtungen verwertete er für Versuche in dieser Richtung,

deren Resultate waren, dass die Fische in ihrer Farbe sich dem Gefässe, in dem sie sich aufhalten, anpassen würden. Im Hellen werden sie hell, die dunkeln Flecke und Streifen blassen ab, im Dunkeln werden sie dunkel. Einige, darunter der Barsch, sollen sich so verändern, dass man sie für andere Gattungen halten könne.

(18) Rosenstadt hält das schwarze Pigment der Wirbellosen auch chemisch ähnlich dem Pigment des Plasmodiums. Somit erweise sich eines der wichtigsten Argumente der Anhänger der Lehre vom hämatogenen Ursprung des Pigmentes auch chemisch als unhaltbar. Über die Bildung des Pigmentes spricht er sich so aus, dass es doch möglich sei, dass in den Epidermiszellen ebenso gut wie in den Bindegewebszellen Pigment selbständig sich zu bilden vermöge. Und zwar könne sich der Kern, der doch der keratohyalinen, fettigen und schleimigen Degeneration beteiligt sei, auch an der Pigmentbildung sich beteiligen. Er selbst habe Pigment im Kern beobachtet. Er neige jedoch der Ansicht zu, dass das Pigment nur in der Cutis aus festen Bindegewebszellen sich bilde und an die Epidermiszellen abgebe. (14) Mertsching dagegen hat festgestellt, dass die Schwarzfärbung des Pigmentes nicht auf einem chemischen, sondern physikalischen Prozesse beruhe. Die dunkle Farbe des Pigmentes rühre nur von der dichten Lagerung des Pigmentes in Haut und Haar her.

In den Haarpapillen hätte er weder pigmenthaltige noch pigmentlose Wanderzellen entdecken können. Er hält das Pigment dort vielmehr für Produkte der Haarzellen selbst und zwar intracellulär; es bilde sich also weder aus dem Blute noch aus dem Bindegewebe. Analog der Bildung des Pigmentes in dem Haare, hält er das Pigment in der menschlichen Haut z. B. beim Neger für ein Produkt der Kerne der Epithelzellen.

In der Haut der Frösche hat M. festgestellt, dass das körnige Pigment der Epidermis mit dem diffusen Chromatophorenpigment keine Wechselbeziehungen habe. Ersteres treffe man bereits in den Kernen der Basalzellen als kleine schwarze Körnchen an. Dasselbe scheide sich schliesslich aus demselben aus, bis in den oberen Schichten der Kern ganz in Pigment zerfalle.

Wenn ich nun das Resultat der Erforschung des Pigmentes zusammenfassen wollte, dann müsste ich das Resultat eines jeden Forschers geben, denn die Ansichten der Gelehrten sind, wie man aus der oben angeführten Litteratur ersehen kann, so widersprechend, dass von einer Einigung keine Rede sein kann. Die Pigmentbildung ist heute noch eine offene Frage, die ihrer Lösung harrt. Ich möchte hier im Einverständnis mit Krukenberg sagen, dass die Entstehung des Pigmentes in jedem einzelnen Falle für sich erwogen werden müsse. In meinen Präparaten konnte ich eine Abhängigkeit des Pigmentes von den Blutgefässen und Capillaren, der Ehrmann so sehr das Wort redet, für die er jedoch keine Beweise erbringt, nicht konstatieren. Wenn dem so wäre, dann möchte ich die Frage aufwerfen, woher stammt das Pigment bei den niedern Tieren, den Coelenteraten und den noch niedriger stehenden Protozoen, die noch kein Blut besitzen? Bizzozero u. Torré (Pag. 58) haben beide festgestellt, dass bei den Fischen die Neubildung der roten Blutkörperchen viel langsamer vor sich gehe, als bei den höheren Tieren, und wenn ich noch in Betracht ziehe die bekannte Tatsache, dass das Blut der Fische sehr arm an Hämoglobin ist, aus dem sich doch das Pigment bilden soll, dann kann ich mir diese ungeheure Menge von Pigment, wie ich sie in einigen schlecht ausgewaschenen Präparaten zu Gesicht bekam, nicht denken und ebensowenig den schnellen Wechsel der Pigmentmenge.

Allerdings hat Quincke durch Injektion von Blut in das Unterhautzellgewebe eines Hundes die Bildung des Pigmentes nachgewiesen und es ist ja bekannt, dass Haemorrhagien beim Verschwinden Pigment hinterlassen. Langhaus hat (nach einem Citat aus Ehrmann) nachzuweisen gesucht, dass die roten Blutkörperchen von Lymphoidzellen aufgenommen und zu Pigment umgewandelt werden.

Diese Tatsachen sind feststehend, aber ebenso begründet sind meine oben erwähnten Einwendungen gegen die Theorie der Pigmentbildung ausschliesslich aus dem Blute. Den Ansichten Ehrmann's, Quinke's, Langhaus schliesst sich Demiéville (Pag. 57), der ebenfalls an die Abhängigkeit des Pigmentes von dem Blute glaubt, an. Natürlich kann diese Pigmentbildung im Sinne

Ehrmann's in der Haut dann nur in den Schichten vor sich gehen, in der sich Blutgefässe und Capillaren befinden. Es käme hier also nur die Cutis in Betracht. Koelliker hat (Pag. 41) ebenfalls die Cutis als Hauptbildnerin des Pigmentes angesehen, jedoch von einem ganz anderen Gesichtspunkte aus. Er spricht nur von Pigmentzellen, die in der Cutis vorhanden seien und später in die Epidermis eindringen würden und dort auf eigentümliche Weise ihr Pigment an die Epidermiszellen abgeben sollen. Woher das Pigment der Pigmentzellen stammt, darüber hat er sich nicht ausgesprochen. Auch Riehl (Pag. 56) hat sich Koelliker's Ansicht angeschlossen, dass das Pigment an verästelte Wanderzellen gebunden sei, die zwischen den Epithelien lagerten und das Pigment an die Epidermiszellen abgäben. Rosenstadt (Pag. 60) geht in sofern weiter, als er das Pigment in der Cutis aus festen Bindegewebszellen sich bilden lässt, das dann an die Epidermis abgegeben würde. Er bestreitet aber den hämatogenen Ursprung des Pigmentes. Nach den Erfahrungen Prowazek's (Pag. 59) steht die Pigmentbildung bei Fischen in keinem kaufalen Zusammenhang mit dem Blute. Auch er hält die verzweigten Pigmentgebilde, ebenso wie Solger (Pag. 47) für Zellen und lässt die Pigmentbildung bei den Salamanderlarven endogen in Epidermiszellen und in Pigmentzellen der Epidermis und Cutis vor sich gehen und fasst sie auch als Degenerationsprodukt von Zellen auf.

Diesen erwähnten Ansichten über die Pigmentbildung kann ich mich mit meinen Resultaten nicht anschliessen. Meine Beobachtungen bei Barsch und Forelle zeigen, dass die Entstehung des Pigmentes in der Epidermis vor sich geht. Da ich die feste Überzeugung habe, dass, wie bereits erwähnt, die Bildung des Pigmentes von Fall zu Fall erwogen werden muss, so lässt sich ein allgemeines für alle Tiere gültiges, gleiches Grundgesetz für die Bildung des Pigmentes nicht aufstellen. So habe ich auch in meinen Präparaten jene vielbeschriebenen Pigmentzellen in der Haut nicht in einem einzigen Falle nachweisen können. Jene stark verzweigten und verästelten Pigmentgebilde sind nicht als Zellen aufzufassen, sondern als Pigmentconglomerate. Schon Unna (Pag. 48) hat behauptet, dass diese so viel

gepriesenen verzweigten Pigmentformen keine Zellen seien, sondern Ausgüsse der intercellulären Saftlücken mit Pigment, aus denen dann das Pigment durch feine Gänge in die Epidermiszelle eintrete.

Wenn also eine grosse Anzahl von Autoren das Pigment in der Cutis entstehen lässt, so gibt es andere, die das Pigment als Produkt der Epidermis auffassen. So hat Kodis (Pag. 42) in der Haut des Froschlarvenschwanzes gefunden, dass die Pigmentzellen in der Epidermis sich bilden und zwar dadurch, dass einzelne Epithelien sich loslösen, mit Pigment beladen und dann nach der Cutis wandern. Auch Prowazek (Pag. 59) ist dafür eingetreten, dass das Pigment auch endogen in den Epidermiszellen sich bilden könne und auch als ein Zerfallsprodukt von Epithelien aufgefasst werden könne. An diese letzte Auffassung schliesst sich Mertsching (Pag. 61) eng an, der die Bildung des Pigmentes für einen Zerfallsakt der Epidermiszellen hält und zwar ihrer Kerne.

Meine Untersuchungen bei Barsch und Forelle haben die Tatsache festgestellt, dass bei diesen Tieren das Pigment in der Haut ein Epidermisprodukt ist. Insofern also schliessen sich meine Resultate denen von Kodis, Prowazek, Mertsching an, als die Bildung des Pigmentes der Haut in der Epidermis vor sich geht. Jedoch bin ich weit davon entfernt, meine speziellen Beobachtungen an Barsch und Forelle auf alle andern Tiere zu generalisieren und einen einheitlichen Pigmentbildungsgang aufzustellen. Gerade die Ausserachtlassung der Erwägung, dass die Bildung des Pigmentes von Fall zu Fall besonders erwogen werden müsse, hat zu den vielen Missverständnissen und Widersprüchen geführt, denen wir in der Pigmentfrage begegnen.

Schulze (Pag. 54) hat sich speziell mit Fischen beschäftigt. Er hat jene starkverzweigten Pigmentconglomerate, die ich in meinen Präparaten fand, für Zellen gehalten. Ich habe nie den zelligen Charakter dieser Gebilde erkennen können, weder einen Kern noch sonst etwas gesehen. Diese Pigmentballen lassen sich auch bequem auswaschen, was Zellen bekanntlich nicht tun.

Dagegen stimmt sein Befund mit dem meinigen insofern überein, als er die Basalschicht stets frei von diesen „Zellen“


OF SURGEONS
25
LIBRARY


25

Fig. 1.



Forelle.
(Starke Vergrösserung)

Fig. 2.



Barsch.
(Schwache Vergrösserung)

fand, sie aber in der mittleren und oberen Epidermisschicht stets antraf.

Neben dieser Beschreibung gibt Schulze noch eine solche der Sekretionszellen, die auch von Leydig (Pag. 58) schon beschrieben worden sind und auch von mir näher abgehandelt wurden (Pag. 17). Ihre Entstehung und Beziehungen zur Pigmentbildung ist beiden fremd geblieben, während ich ihre Angaben über die Zelle im allgemeinen in meinen Versuchen bestätigt fand.

Schlussfolgerung.

I.

Es gibt eine Anpassung der Fische an ihre sie umgebenden Medien, die im allgemeinen zweckmässig und nützlich ist. Daraus resultiert aber nicht, dass alle Anpassungen zweckmäsig sein müssen. Es können also unter den zweckmässigen auch vereinzelt solche sein, die zwecklos sind, die jedoch deshalb existieren, weil sie in irgendwelcher correlativer Abhängigkeit von den zwekmässigen sich befinden.

II.

Das Pigment in der Haut von Barsch und Forelle bildet sich in der Epidermis aus und zwar folgendermassen: Die Basalzellen bilden durch Teilung Tochterzellen, die teilweise ihren Zellcharakter bewahren, teilweise jedoch die Bestimmung haben, nach Ablauf verschiedener Entwicklungsstadien sich selbst in Pigment zu verwandeln, dasselbe ganz oder teilweise gegen Schleim auszutauschen und schliesslich den Charakter einer Schleimzelle aufzunehmen.

Die Schleimzelle steht also in Wechselbeziehung zur Pigmentbildung und ist das nächstfolgende Stadium derselben.



Litteratur-Verzeichnis.

1. Brehm's Tierleben, II. Aufl., III. Abt., 2. Bd. Barsch, Forelle.
2. Bizzozero u. Torré. Über die Entstehung der roten Blutkörperchen bei den verschiedenen Wirbeltierklassen. Virch. Arch. 1884, Bd. 95, P. 1.
3. Demiéville, Paul. Über die Pigmentflecke in der Haut. Virch. Arch. 1880, P. 333.
4. Ehrmann, S. Untersuchungen über die Pathologie und Physiologie des Hautpigmentes. Vierteljahrschrift für Derm. und Syph., Jahrgang XII.
5. Ehrmann, S. Untersuchungen über die Pathologie und Physiologie des Hautpigmentes. Vierteljahrschrift für Derm. und Syph., Jahrgang XIII.
6. Fischel, A. Über Beeinflussung der Pigmentierung durch Wärme und Licht. Prag. Lotos. 1896.
7. Flemming, W. Über den Einfluss des Lichtes auf die Pigmentierung der Salamanderlarve. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48, P. 369.
8. Koelliker, A. Anat. Anz. 1887, Nr. 15.
9. Kodis, Th. Epithel- und Wanderzelle in der Haut des Froschlarvenschwanzes. Arch. für Physiol. u. Anat. Physiol. Abt. 1889.
10. Krukenberg, C. F. W. Der Mechanismus des Chromatophorenspieles bei Eledone moschata. Vergl. physiol. Studien (Heidelberg) 1881.
11. Krukenberg, C. F. W. Über tierische Farbstoffe und deren physiol. Bedeutung. Vergl. physiol. Studien (Heidelberg).
12. Krukenberg, C. F. W. Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe und der Farben. Vergl. physiol. Vorträge 1886, Bd. 161.

13. Leydig, Franz. Über die Haut einiger Süsswasserfische. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1851, Bd. III.

14. Mertsching. Histolog. Studien über Keratohyalin und Pigment. Virch. Arch. für pathol. Anat. und Physiol. Bd. 116, Jahrgang 1889, P. 502.

15. Perls, M. Nachweis von Eisenoxyd in gewissen Pigmenten. Virch. Arch. 39. Bd., 1867, P. 44.

16. Prowazek, S. Beitrag zur Pigmentfrage. Zoolog. Anz. 1900, Bd. XXIII, P. 477.

17. Riehl, G. Zur Kenntnis des Pigmentes im menschlichen Haar. Arch. für Derm. und Syph. 1884.

18. Rosenstadt, B. Studien über die Abstammung und Bildung des Hautpigmentes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50, P. 350.

19. Schneider, Carl C. Lehrbuch der vergl. Histologie der Tiere. Jena 1892.

20. Solger, B. Zur Struktur der Pigmentzelle. Zoolog. Anz. 1889, Bd. XII.

21. Schulze, Fr. E. Epithel- und Drüsenzellen. Arch. f. mikr. Anat. 1867, Bd. III.

22. Stark, J. Über den Farbenwechsel bei Fischen. Isis von Oken 1832, P. 923.

23. Unna, P. G. Das Pigment der Haut. Monatsheft für prakt. Dermatol. VIII, Jahrgang 1889, P. 367.

